

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-125914

(43)Date of publication of application : 15.05.1998

(51)Int.Cl.

H01L 29/78
 H01L 21/336
 H01L 21/00
 H01L 21/66
 // G06F 17/50

(21)Application number : 08-282213

(71)Applicant : RICOH CO LTD

(22)Date of filing : 24.10.1996

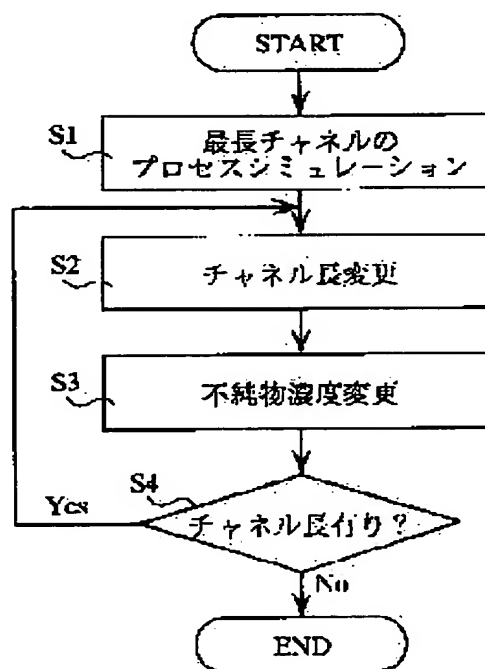
(72)Inventor : AGARI HIDEKI

(54) SEMICONDUCTOR PROCESS SIMULATION AND SEMICONDUCTOR PROCESS SIMULATION DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To shorten the time for calculating impurity concentration distributions to a plurality of channel lengths.

SOLUTION: An impurity concentration distribution to the one longest channel length (1.2 μ m) out of a plurality of channel lengths (1.2 μ m and 0.5 μ m) in the condition of the same process is calculated (S1) by a process simulation. In respect to an impurity concentration distribution to the other channel length (0.5 μ m), an impurity concentration distribution part to correspond to the channel center part length (0.7 μ m) is removed from the impurity concentration distribution to the above channel length (1.2 μ m) without performing a process simulation, impurity concentration distributions to the residual parts of both ends of the channel length are coupled (S2) which each other and by modifying these impurity concentration distributions on the basis of the above complementary data, the impurity concentration distribution to the other channel length (0.5 μ m) is found (S3). By repeating the processings of the above steps S2 and S3, impurity concentration distributions to residual channel lengths are calculated (S4).



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-125914

(43) 公開日 平成10年(1998) 5月15日

(51) IntCl. ⁶	識別記号	F I	
H 0 1 L 29/78		H 0 1 L 29/78	3 0 1 Z
21/336		21/00	
21/00		21/66	Z
21/66			N
		G 0 6 F 15/60	6 6 6 S

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 10 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平8-282213

(22) 出願日 平成8年(1996)10月24日

(71) 出願人 000006747

株式会社リコー

東京都大田区中馬込1丁目3番6号

(72) 発明者 上里 英樹

東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式

会社リコー内

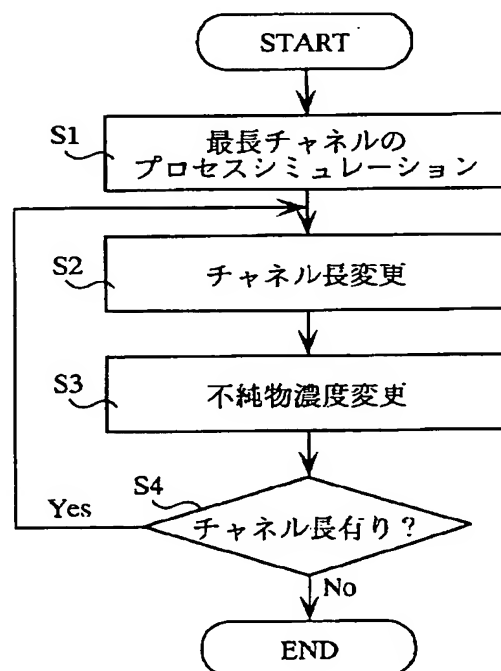
(74) 代理人 弁理士 鳥居 洋

(54) 【発明の名称】 半導体プロセスシミュレーション方法および半導体プロセスシミュレーション装置

(57) 【要約】

【課題】 複数のチャネル長に対する不純物濃度分布の算出時間を短縮する。

【解決手段】 同一プロセス条件における複数のチャネル長 (1.2 μm , 0.5 μm) の中の1つの最長のチャネル長 (1.2 μm) に対する不純物濃度分布をプロセスシミュレーションによって算出する (S1)。その他のチャネル長 (0.5 μm) に対する不純物濃度分布については、プロセスシミュレーションを行うことなく、前記のチャネル長 (1.2 μm) の不純物濃度分布からチャネル中央部分 (0.7 μm) に対応する部分を取り除き、残余の両端部分の不純物濃度分布を結合し (S2)、この不純物濃度分布を前記補完データに基づいて変更することによって、当該他のチャネル長 (0.5 μm) の不純物濃度分布を求める (S3)。上述のステップ S2, S3 の処理を繰返すことで残余のチャネル長の不純物の濃度分布が算出される (S4)。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 半導体のチャネル長に依存する不純物濃度分布を、半導体生成プロセスのプロセス条件に基づいてプロセスシミュレーションにより求める半導体プロセスシミュレーション方法において、

チャネル長の変化に対応した不純物の濃度の变化量と前記プロセス条件との関係を補完データとして予め保有しておき、

同一のプロセス条件における複数のチャネル長のうちの 1 つのチャネル長に対する不純物濃度分布を前記プロセスシミュレーションにより求め、このチャネル長のプロセスシミュレーション結果と前記補完データとに基づいて、他のチャネル長に対する不純物濃度分布を求めることを特徴とする半導体プロセスシミュレーション方法。

【請求項 2】 半導体のチャネル長に依存する不純物濃度分布を、半導体生成プロセスのプロセス条件に基づいてプロセスシミュレーションにより求める半導体プロセスシミュレーション方法において、

チャネル長の変化に対応した不純物の濃度の变化量と前記プロセス条件との関係を補完データとして予め保有しておき、

同一のプロセス条件における複数のチャネル長のうちの予め定める複数のチャネル長に対する不純物濃度分布を前記プロセスシミュレーションにより求め、少なくとも二つのチャネル長についてのプロセスシミュレーション結果と前記補完データとに基づいて、求めようとする他のチャネル長に対してそれぞれ少なくとも二つの暫定的な不純物濃度分布を求め、これら暫定的な不純物濃度分布から最終的な不純物濃度分布を求めることを特徴とする半導体プロセスシミュレーション方法。

【請求項 3】 半導体のチャネル長に依存する不純物濃度分布を、半導体生成プロセスのプロセス条件に基づいてプロセスシミュレーションにより求める半導体プロセスシミュレーション方法において、

同一のプロセス条件における複数のチャネル長のうちの予め定める複数のチャネル長に対する不純物濃度分布を前記プロセスシミュレーションにより求め、少なくとも二つのチャネル長についてのプロセスシミュレーション結果からチャネル長の変化に対する不純物濃度分布の変化の傾向を傾向データとして取出し、前記傾向データを用いて他のチャネル長の不純物濃度分布を求めることを特徴とする半導体プロセスシミュレーション方法。

【請求項 4】 半導体生成プロセスのプロセス条件および複数のチャネル長が入力される入力部と、

前記入力部からの出力にตอบสนองし、前記複数のチャネル長の中の 1 つのチャネル長に対する不純物濃度分布を、前記プロセス条件に基づいてプロセスシミュレーションを行って算出するシミュレート部と、

前記シミュレート部から出力されるプロセスシミュレーション結果を格納する算出データ格納部と、

チャネル長の変化に対応した不純物の濃度の变化量とプロセス条件との関係を補完データとして予め格納する補完データ格納部と、

前記算出データ格納部に格納される前記プロセスシミュレーション結果と前記補完データ格納部に格納される補完データとに基づいて、前記複数のチャネル長の中の他のチャネル長に対する不純物濃度分布を求めるデータ作成部とを備えることを特徴とする半導体デバイスシミュレーション装置。

10 【請求項 5】 半導体生成プロセスのプロセス条件および複数のチャネル長が入力される入力部と、

前記入力部からの出力にตอบสนองし、前記複数のチャネル長の中の予め定める複数のチャネル長に対する不純物濃度分布を、前記プロセス条件に基づいてプロセスシミュレーションを行って算出するシミュレート部と、

前記シミュレート部から出力されるプロセスシミュレーション結果を格納する算出データ格納部と、

チャネル長の変化に対応した不純物の濃度の变化量とプロセス条件との関係を補完データとして予め格納する補完データ格納部と、

前記算出データ格納部に格納されるプロセスシミュレーション結果のうち少なくとも二つのチャネル長についてのプロセスシミュレーション結果と前記補完データ格納部に格納される補完データとに基づいて、前記複数のチャネル長の中の他のチャネル長に対してそれぞれ少なくとも二つの暫定的な不純物濃度分布を求め、これら暫定的な不純物濃度分布から最終的な不純物濃度分布を求めるデータ生成部とを備えることを特徴とする半導体プロセスシミュレーション装置。

30 【請求項 6】 半導体生成プロセスのプロセス条件および複数のチャネル長が入力される入力部と、

前記入力部からの出力にตอบสนองし、前記複数のチャネル長の中の予め定める複数のチャネル長に対する不純物濃度分布を、前記プロセス条件に基づいてプロセスシミュレーションを行って算出するシミュレート部と、

前記シミュレート部から出力されるプロセスシミュレーション結果を格納する算出データ格納部と、

前記算出データ格納部に格納されるプロセスシミュレーション結果のうち少なくとも二つのチャネル長についての

40 前記プロセスシミュレーション結果からチャネル長の変化に対する不純物濃度分布の変化の傾向を傾向データとして取出し、前記傾向データを用いて、前記複数のチャネル長の中の他のチャネル長に対する不純物濃度分布を求めるデータ生成部とを備えることを特徴とする半導体プロセスシミュレーション装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、たとえば電界効果トランジスタ (FET) 等の半導体装置のチャネル部の不純物濃度分布を算出する半導体プロセスシミュレーション

オン方法および半導体プロセスシミュレーション装置に関する。

【0002】

【従来の技術】不純物濃度分布は、素子の電気特性を決定する重要なパラメータである。この不純物濃度分布を測定する代表的な方法として、計算機を用いて、イオン注入条件等のプロセス条件から計算によって拡散の具合を算出するプロセスシミュレーション方法が実現されている。

【0003】ところで、SDM91-113に示される「ソース/ドレイン形成時に生成された欠陥の横方向拡散による逆短チャネル効果」において、MOSFETのソース/ドレイン形成時のイオン注入後に生成されたフレンケル欠陥の横方向拡散により、チャネル長が短くなるほどチャネル領域の不純物拡散が増速され表面濃度が上がることが報告されている。またIEDM1993, P. 311~314に示される「Explanation of Reverse Short Channel Effect by Defect Gradients」において、ソース/ドレインの形成時のイオン注入で生成された欠陥の再結合によってSi/SiO₂ 界面に向かう不純物（ボロン）の流束が生じて、Si/SiO₂ 界面で不純物（ボロン）のパイルアップ現象が発生し、この現象はチャネル長（特に、サブハーフミクロン以下の場合において）が短くなるにつれて大きくなることが報告されている。前記プロセスシミュレーション方法では、上述に報告されているようなチャネル部の不純物濃度分布がチャネル長に依存していることが考慮されている。

【0004】図8は、前記プロセスシミュレーション方法が行われて算出された不純物濃度分布を示すグラフであり、NMOSFETのチャネル長（ $L=0.3\mu\text{m}$, $0.5\mu\text{m}$, $1.2\mu\text{m}$ ）毎に、ゲートの中央位置（チャネルの中央位置）でのSi/SiO₂ 界面から基板内部に向かう方向、即ち深さ方向における不純物濃度分布を示す。図8に示されるように、パイルアップ現象によって、Si/SiO₂ 界面においてはチャネル長が短くなるほど不純物の濃度は高くなっており、逆に深さ $0.12\mu\text{m}$ 付近においてはチャネル長が長くなるほど不純物の濃度は高くなっている。このように、チャネル長が異なると不純物濃度分布が相違する。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】上述したようにプロセスシミュレーションによって複数のチャネル長に対する不純物濃度分布を算出する場合に、プロセス条件が同一であってもチャネル長毎に不純物濃度分布が相違するので、チャネル長毎にプロセスシミュレーションを行って不純物濃度分布を算出する必要があり、算出時間が長くなるという問題が生じている。

【0006】不純物濃度分布の算出時間を比較的短縮するプロセスシミュレーション方法が、特開平7-22604号公報に開示されている。特開平7-22604号

公報に開示される技術では、半導体デバイスの中心線に対して線対称の構造を有するMOSFETなどに好適に用いられ、中心線までの片側の濃度分布を測定し、測定後に中心線を基準として反対側に折り返すことで、比較的高速に半導体デバイスの濃度分布を測定している。

【0007】しかしながら、上述の特開平7-22604号公報に開示されている技術では、複数のチャネル長における不純物濃度分布を算出する場合に、半分ではあるが各々のチャネル長毎にプロセスシミュレーションを行う必要があり、算出すべきチャネル長の数が増えると、計算時間を要するという問題がある。

【0008】本発明の目的は、複数のチャネル長に対する不純物濃度分布の算出時間をより短縮するための半導体プロセスシミュレーション方法を提供することである。

【0009】

【課題を解決するための手段】本発明の半導体プロセスシミュレーション方法（以下、この項目において第1の方法という）は、上記の課題を解決するために、半導体のチャネル長に依存する不純物濃度分布を、半導体生成プロセスのプロセス条件に基づいてプロセスシミュレーションにより求める半導体プロセスシミュレーション方法において、チャネル長の変化に対応した不純物の濃度の変化量と前記プロセス条件との関係を補完データとして予め保有しておき、同一のプロセス条件における複数のチャネル長のうちの1つのチャネル長に対する不純物濃度分布を前記プロセスシミュレーションにより求め、このチャネル長のプロセスシミュレーション結果と前記補完データとに基づいて、他のチャネル長に対する不純物濃度分布を求めることを特徴とする。

【0010】ここで、前記の予め保有される補完データは、あるチャネル長に対する不純物濃度分布に基づいて他のチャネル長に対する不純物濃度分布を算出するのに寄与するデータであり、たとえば既に行った実測あるいは既に行ったプロセスシミュレーションの結果の蓄積に基づいて得ることが可能である。

【0011】上記の半導体プロセスシミュレーションによれば、複数のチャネル長の半導体デバイスの中のたとえば最長の1つのチャネル長（ $1.2\mu\text{m}$ ）の半導体デバイスについてのみプロセスシミュレーションを行う。そのチャネル長（ $1.2\mu\text{m}$ ）に対する不純物濃度分布が算出されると、他のチャネル長（ $0.3\mu\text{m}$ ）に対する不純物濃度分布については、プロセスシミュレーションを行うことなく、前記のチャネル長（ $1.2\mu\text{m}$ ）の不純物濃度分布から、チャネル中央部分（ $0.9\mu\text{m}$ ）に対応する部分を取り除き、残余の両端部分の不純物濃度分布を結合させてチャネル長（ $0.3\mu\text{m}$ ）の概ねの不純物濃度分布とする。そして、この概ねの不純物濃度分布を前記補完データに基づいて変更することによって、当該他のチャネル長（ $0.3\mu\text{m}$ ）の不純物濃度分

10

20

30

40

50

布を求める。このように、1つのチャンネル長についてのみプロセスシミュレーションを行い、他のチャンネル長については時間を要するプロセスシミュレーションを行わないので、複数のチャンネル長についての不純物濃度分布を求める場合に時間を短縮することができる。

【0012】また、この発明の半導体プロセスシミュレーション方法（以下、この項目において第2の方法という）は、半導体のチャンネル長に依存する不純物濃度分布を、半導体生成プロセスのプロセス条件に基づいてプロセスシミュレーションにより求める半導体プロセスシミュレーション方法において、チャンネル長の変化に対応した不純物の濃度の変化量と前記プロセス条件との関係を補完データとして予め保有しておき、同一のプロセス条件における複数のチャンネル長のうちの予め定める複数のチャンネル長に対する不純物濃度分布を前記プロセスシミュレーションにより求め、少なくとも二つのチャンネル長についてのプロセスシミュレーション結果と前記補完データとに基づいて、求めようとする他のチャンネル長に対してそれぞれ少なくとも二つの暫定的な不純物濃度分布を求め、これら暫定的な不純物濃度分布から最終的な不純物濃度分布を求めることを特徴とする。

【0013】上述の半導体プロセスシミュレーション方法によれば、例えば、二つのチャンネル長（1.2 μm 、0.5 μm ）について実際にプロセスシミュレーションを行い、不純物濃度分布をそれぞれ求める。そして、前記のチャンネル長（1.2 μm ）に対する不純物濃度分布および補完データに基づき、第1の方法の処理を行って、他のチャンネル長（0.3 μm ）に対する暫定的な第1の不純物濃度分布を求める。さらに、前記のチャンネル長（0.5 μm ）に対する不純物濃度分布および補完データに基づき前述と同様に第1の方法の処理を行って、前記他のチャンネル長（0.3 μm ）に対する暫定的な第2の不純物濃度分布を求める。そして、これら第1、第2の暫定的な不純物濃度分布を合わせて調整することで、求めるべきチャンネル長（0.3 μm ）に対する最終的な不純物濃度分布をより高精度に求めることができる。

【0014】また、この発明の半導体プロセスシミュレーション方法は、半導体のチャンネル長に依存する不純物濃度分布を、半導体生成プロセスのプロセス条件に基づいてプロセスシミュレーションにより求める半導体プロセスシミュレーション方法において、同一のプロセス条件における複数のチャンネル長のうちの予め定める複数のチャンネル長に対する不純物濃度分布を前記プロセスシミュレーションにより求め、少なくとも二つのチャンネル長についてのプロセスシミュレーション結果からチャンネル長の変化に対する不純物濃度分布の変化の傾向を傾向データとして取出し、前記傾向データを用いて他のチャンネル長の不純物濃度分布を求めることを特徴とする。

【0015】上述の半導体プロセスシミュレーション方

法によれば、例えば、二つのチャンネル長（1.2 μm 、0.5 μm ）について実際にプロセスシミュレーションを行う。そして、これらのプロセスシミュレーション結果に基づいてチャンネル長の変化に対する不純物濃度分布の違いの変化の傾向を求める。そして、前述した第1の方法や第2の方法における補完データの代わりに前記変化の傾向を示す傾向データを用いて他のチャンネル長（0.3 μm ）の不純物濃度分布を求めることができる。

【0016】また本発明の半導体デバイスシミュレーション装置は、半導体生成プロセスのプロセス条件および複数のチャンネル長が入力される入力部と、前記入力部からの出力にตอบสนองし、前記複数のチャンネル長の中の1つのチャンネル長に対する不純物濃度分布を、前記プロセス条件に基づいてプロセスシミュレーションを行って算出するシミュレート部と、前記シミュレート部から出力されるプロセスシミュレーション結果を格納する算出データ格納部と、チャンネル長の変化に対応した不純物の濃度の変化量とプロセス条件との関係を補完データとして予め格納する補完データ格納部と、前記算出データ格納部に格納される前記プロセスシミュレーション結果と前記補完データ格納部に格納される補完データとに基づいて、前記複数チャンネル長の中の他のチャンネル長に対する不純物濃度分布を求めるデータ作成部とを備えることを特徴とする。

【0017】上述の半導体デバイスシミュレーション装置によれば、入力部では、同一のプロセス条件における不純物濃度分布を求める必要のある複数のチャンネル長（1.2 μm 、0.3 μm ）が入力される。シミュレート部は、入力された複数のチャンネル長の中から1つのチャンネル長（1.2 μm ）を選択し、そのチャンネル長（1.2 μm ）の半導体デバイスについてのみプロセスシミュレーションを行う。そのチャンネル長（1.2 μm ）に対する不純物濃度分布が算出されると、その不純物濃度分布はプロセスシミュレーション結果として算出データ格納部に格納される。データ生成部は、前記算出データ格納部に格納された前記プロセスシミュレーション結果および前記補完データ格納部に格納された補完データに基づいて、前述の第1の方法の処理を行って、当該他のチャンネル長（0.3 μm ）の不純物濃度分布を求める。

【0018】本発明の半導体プロセスシミュレーション装置は、半導体生成プロセスのプロセス条件および複数のチャンネル長が入力される入力部と、前記入力部からの出力にตอบสนองし、前記複数のチャンネル長の中の予め定める複数のチャンネル長に対する不純物濃度分布を、前記プロセス条件に基づいてプロセスシミュレーションを行って算出するシミュレート部と、前記シミュレート部から出力されるプロセスシミュレーション結果を格納する算出データ格納部と、チャンネル長の変化に対応した不純物の

濃度の変化量とプロセス条件との関係を補完データとして予め格納する補完データ格納部と、前記算出データ格納部に格納されるプロセスシミュレーション結果のうち少なくとも二つのチャンネル長についてのプロセスシミュレーション結果と前記補完データ格納部に格納される補完データとに基づいて、前記複数のチャンネル長の中の他のチャンネル長に対してそれぞれ少なくとも二つの暫定的な不純物濃度分布を求め、これら暫定的な不純物濃度分布から最終的な不純物濃度分布を求めるデータ生成部とを備えることを特徴とする。

【0019】上述の半導体シミュレーション装置によれば、シミュレート部は、例えば入力部から入力された複数のチャンネル長の中の二つのチャンネル長（1.2 μm 、0.5 μm ）についてプロセスシミュレーションを行い、不純物濃度分布をそれぞれ算出する。算出された不純物濃度分布はプロセスシミュレーション結果として各チャンネル長毎に算出データ格納部に格納される。データ生成部は、前記算出データ格納部に格納された前記プロセスシミュレーション結果および前記補完データ格納部に格納された補完データに基づいて、前述の第2の方法の処理を行って、当該他のチャンネル長（0.3 μm ）の不純物濃度分布を求める。

【0020】本発明の半導体プロセスシミュレーション装置は、半導体生成プロセスのプロセス条件および複数のチャンネル長が入力される入力部と、前記入力部からの出力にตอบสนองし、前記複数のチャンネル長の中の予め定める複数のチャンネル長に対する不純物濃度分布を、前記プロセス条件に基づいてプロセスシミュレーションを行って算出するシミュレート部と、前記シミュレート部から出力されるプロセスシミュレーション結果を格納する算出データ格納部と、前記算出データ格納部に格納されるプロセスシミュレーション結果のうち少なくとも二つのチャンネル長についての前記プロセスシミュレーション結果からチャンネル長の変化に対する不純物濃度分布の変化の傾向を傾向データとして取出し、前記傾向データを用いて、前記複数のチャンネル長の中の他のチャンネル長に対する不純物濃度分布を求めるデータ生成部とを備えることを特徴とする。

【0021】上述の半導体プロセスシミュレーション装置によれば、シミュレート部は、例えば入力部から入力された複数のチャンネル長の中の二つのチャンネル長（1.2 μm 、0.5 μm ）についてプロセスシミュレーションを行い、不純物濃度分布をそれぞれ算出する。算出された不純物濃度分布は各チャンネル長毎にプロセスシミュレーション結果として算出データ格納部に格納される。データ生成部は、これらのプロセスシミュレーション結果に基づいてチャンネル長の変化に対する不純物濃度分布の違いの変化の傾向を求める。そして、前述した第1の方法や第2の方法における補完データの代わりに前記変化の傾向を示す傾向データを用いて他のチャンネル長

（0.3 μm ）の不純物濃度分布を求める。

【0022】

【発明の実施の形態】

（実施の形態1）以下、本発明の半導体プロセスシミュレーション装置について説明を行う。前記半導体プロセスシミュレーション装置では、図2に示されるようなNMOSETの半導体デバイスの不純物濃度分布を求めるプロセスシミュレーションが行われる。

【0023】図2は、半導体デバイスの構成を模式的に示した断面図である。半導体デバイスでは、基板（Si）20上にゲート酸化膜（SiO₂）21を介してゲート電極（以下、単にゲートと称する）18が形成され、ゲート18の両側部分にはソース領域およびドレイン領域が形成されている。またゲート電極18の両側方にはサイドウォール24が形成されている。

【0024】以下、このプロセスシミュレーションについて説明を行う。なお、このプロセスシミュレーションが行われた後に、プロセスシミュレーションの算出結果を用いて半導体デバイス電気特性などを算出するデバイスシミュレーションが行われる場合もある。

【0025】図1は、半導体プロセスシミュレーション装置の構成を示すブロック図である。半導体プロセスシミュレーション装置は、入力部1、シミュレート部2、データベース部3、データ取出作成部4および出力部5を含んで構成される。

【0026】入力部1では、たとえばキーボード（図示しない）などによって不純物濃度分布を算出するためのプロセス条件およびチャンネル長（図2に示す距離Lが相当する）などが入力される。入力されたプロセス条件およびチャンネル長はシミュレート部2に出力される。プロセス条件とは、たとえばソースおよびドレインへのイオン注入量、注入エネルギー、注入後の拡散条件などを示す。

【0027】シミュレート部2は、入力部1で入力されたプロセス条件およびチャンネル長に基づいて、プロセスシミュレーションを行って前記チャンネル長の半導体デバイスの不純物濃度分布の算出を行う。このプロセスシミュレーションは、「Explanation of Reverse Short Channel Effect by Defect Gradients」（IEDM1993, P. 311~314）において報告されているパイラップ現象が考慮されるようになっている。

【0028】データベース部3は、算出データ格納部11、補完データ格納部13を含んで構成される。算出データ格納部11は、シミュレート部2で生成された不純物濃度分布および半導体デバイスの構成をプロセス条件およびチャンネル長に対応付けて格納する。補完データ格納部13は、深さ方向補完データおよび横方向補完データを予め格納する。深さ方向補完データは、チャンネル長の変化に対応した深さ方向の不純物濃度の変化量を示すものである。横方向補完データは、チャンネル長の変化に

対応した横方向の不純物濃度の変化量を示すものである。これら深さ方向補完データおよび横方向補完データは、この実施の形態では、予め実施されて蓄積されたプロセスシミュレーション結果（たとえば図3、図4）に基づいて生成される。以下に、この深さ方向補完データおよび横方向補完データについて図3および図4を用いつつ説明を行う。

【0029】図3（a）および図4（a）は、NMOS FETの各チャンネル長（ $L=0.3\mu\text{m}$, $0.5\mu\text{m}$, $1.2\mu\text{m}$ ）の半導体デバイスの構成をそれぞれ概略的に示す図であり、チャンネル長の変更をサイドウォール24の位置変更により示している。また各半導体デバイスは、各ゲート18の左端部分を $1.1\mu\text{m}$ の位置に合わせて示されている。

【0030】図3（b）は図3（a）に示されるライン31（ゲート18の左端における深さ方向）における各チャンネル長（ $L=0.3\mu\text{m}$, $0.5\mu\text{m}$, $1.2\mu\text{m}$ ）のプロセスシミュレーション結果、すなわち不純物（ホウ素）の深さ方向の濃度分布を示す。図3（c）はライン32（ゲート18の左端から中央寄りの位置における深さ方向）における深さ方向の不純物濃度分布を示し、図3（d）はライン33（前記ライン32の位置より更に中央寄りの位置における深さ方向）における不純物濃度分布を示す。

【0031】また、図4（b）は、図4（a）に示されるライン41（ Si/SiO_2 界面22に近接する位置の横方向）における不純物濃度分布を示す。図4（c）はライン42（前記ライン41より深い位置での横方向）における不純物濃度分布を示し、図4（d）はライン43（前記ライン42より深い位置での横方向）における不純物濃度分布を示す。

【0032】図3（b）によれば、ゲート18の深さ方向において、ゲート18の左端では、 Si/SiO_2 界面22近傍の各チャンネル長に対する不純物濃度分布は幾分異なっているが、基板20内部の各チャンネル長の不純物の濃度分布については比較的等しいことが分かる。そして、ゲート18の中央部に近づくにつれて、 Si/SiO_2 界面22近傍の各チャンネル長に対する不純物濃度分布は大きく異なり、基板20内部では少し異なっていることが分かる（図3（c）（d）参照）。

【0033】図4によれば、ゲート18の横方向において、 Si/SiO_2 界面22近傍では、ゲート18の左端から中央部に近づく程各チャンネル長毎の濃度の大きさの違いは大きくなっている（チャンネル長が長い程、中央部に近づくにつれて濃度の減少が大きい：図4（b）参照）。そして Si/SiO_2 界面22から遠ざかるにつれて、各チャンネル長に対する不純物濃度分布はほとんど違いがなくなっている（図4（c）（d）参照）。

【0034】したがって、各チャンネル長ごとの不純物濃度分布が特に相違する範囲は Si/SiO_2 界面22近

傍であり、ゲート18の中央部に近づくにつれて特に大きく異なっている（図3（d）及び図4（b）参照）。なおここでは、ゲート18の右端部分の不純物濃度分布については、左端部分と同様であるために説明を省略する。

【0035】深さ方向補完データは、上述の図3を参照して説明すると、例えば、 $L=1.2\mu\text{m}$ のチャンネル長のプロセスシミュレーション結果（例えば、Section 31の一点鎖線）が分かっている場合に、これを基にして他のチャンネル長に対する深さ方向の不純物濃度分布（例えば、Section 31の点線や実線）に近づけるための変化量（相違量）を与えるデータである。また不純物濃度分布はプロセス条件にも依存するので、深さ方向補完データはプロセス条件ごとに持っておく必要がある。

【0036】横方向補完データも、上述の図4を参照して説明すると、例えば、 $L=1.2\mu\text{m}$ のチャンネル長のプロセスシミュレーション結果（例えば、Section 41の一点鎖線）が分かっている場合に、これを基にして他のチャンネル長に対する横方向の不純物濃度分布（例えば、Section 41の点線や実線）に近づけるための変化量（相違量）を与えるデータである。なお横方向補完データもプロセス条件ごとに持っておく必要がある。

【0037】データ取出作成部4は、シミュレート部2で不純物濃度分布が算出されたチャンネル長以外の他のチャンネル長に基づく算出データ格納部11に格納されている不純物濃度分布の取出しと、補完データ格納部13に格納される深さ方向補完データおよび横方向補完データに基づく不純物濃度分布の補完とを行う。

【0038】出力部5では、表示装置（図示しない）などによって算出された不純物濃度分布が表示される。なお出力部5で、前記算出された不純物濃度分布がデバイスシミュレーションを行うモジュールに出力されてもよい。

【0039】次に上述の構成における同一のプロセス条件の複数のチャンネル長に対する不純物濃度分布の算出動作を、図5のフローチャートを用いつつ、以下に説明を行う。図5は、不純物濃度分布の算出動作を示すフローチャートである。図6は、前記不純物濃度分布の算出動作に合わせて求められる不純物濃度分布を大略的に示した図である。

【0040】ステップS1において、入力部1によってプロセス条件および算出すべき複数のチャンネル長（ $L=0.3\mu\text{m}$, $0.5\mu\text{m}$, $1.2\mu\text{m}$ ）が入力されると、シミュレート部2は、入力部1から前記プロセス条件および複数のチャンネル長を取り込み、複数のチャンネル長の中の最長のチャンネル長（ $L=1.2\mu\text{m}$ ）を選択し、そのチャンネル長に対応したプロセスシミュレーションのみを行う（図6（a）参照）。このプロセスシミュ

レーションによって、最長のチャンネル長 ($L=1.2\mu\text{m}$) の半導体デバイス25 (図2参照) の不純物濃度分布が求められる。このプロセスシミュレーション結果 (不純物濃度分布) は、データベース部3の算出データ格納部11に格納されるとともに出力部5に与えられる。

【0041】ステップS2では、前記プロセスシミュレーション後、データ取出生成部4はシミュレート部2から他のチャンネル長 ($L=0.3\mu\text{m}$, $0.5\mu\text{m}$) を取込み、その中から例えばチャンネル長 ($L=0.5\mu\text{m}$) を選択する。そして、図2に示されるように、最長チャンネル長 ($L=1.2\mu\text{m}$) の半導体デバイス25の中央部X (斜線部分: $0.7\mu\text{m}$) 以外の2つ両端部分25a (斜線部分の両側の $0.25\mu\text{m}$ 長の領域) に対応する不純物濃度分布をデータベース部3の算出データ格納部11から取出し (図6 (b) 参照)、その不純物濃度分布を接合してチャンネル長 ($L=0.5\mu\text{m}$) の半導体デバイスの大略的な不純物濃度分布とする (図6 (c) 実線参照)。

【0042】ステップS3では、データ取出作成部4は、チャンネル長 ($L=0.5\mu\text{m}$) の半導体デバイスに対する上記の大略的な不純物濃度分布を生成すると、補完データ格納部13から深さ方向補完データおよび横方向補完データを取り出し、この深さ方向補完データおよび横方向補完データを用いて、前記不純物濃度分布を変更する (図6 (c) 破線参照)。変更された不純物濃度分布は、チャンネル長 ($L=0.5\mu\text{m}$) の半導体デバイスの不純物濃度分布として出力部5に与えられる。

【0043】ステップS4では、不純物濃度分布を算出すべきチャンネル長が存在するかどうか判断される。次にチャンネル長に算出すべきチャンネル長 ($L=0.3\mu\text{m}$) があるので、前述のステップS2およびステップS3の処理が行われ、チャンネル長 ($L=0.3\mu\text{m}$) の半導体デバイスに対する不純物濃度分布が算出される。

【0044】また存在しない場合は、入力されたプロセス条件における不純物濃度分布の算出は終了し、その後、たとえば出力部5から各チャンネル長の半導体デバイスに対応付けられた不純物濃度分布が出力される。

【0045】上述のように本実施の一形態では、同一のプロセス条件における複数のチャンネル長の半導体デバイスの不純物濃度分布をそれぞれ求める場合に、最長の1つのチャンネル長の半導体デバイスだけプロセスシミュレーションを行って不純物濃度分布を導出し、残りの他のチャンネル長の半導体デバイスは、前記導出された不純物濃度分布、深さ方向補完データおよび横方向補完データを用いて算出することができるので、全体の計算時間を短縮することができる。

【0046】(実施の形態2) 以下に、本発明の他の実施の形態を図7を用いつつ説明する。図7は、実施の形態2における不純物濃度分布の算出動作を説明するフロ

ーチャートである。なお、実施の形態2での半導体プロセスシミュレーション装置の構成は、上述の実施の形態1の半導体プロセスシミュレーション装置の構成と同様であるので、説明を省略する。

【0047】図7に示すように、ステップS21では、入力部1からプロセス条件とチャンネル長 ($L=0.3\mu\text{m}$, $0.5\mu\text{m}$, $1.2\mu\text{m}$) が入力されると、シミュレート部2は、それらを取り込み、例えば2つのチャンネル長 ($L=0.5\mu\text{m}$, $1.2\mu\text{m}$) を選択する。そして、選択された2つのチャンネル長の半導体デバイスに対して実際プロセスシミュレーションを行い、各チャンネル長の半導体デバイスに対応した不純物濃度分布を算出データ格納部11にそれぞれ格納する。

【0048】ステップS22では、データ取出作成部4は、シミュレート部2から他のチャンネル長 ($L=0.3\mu\text{m}$) を取込み、その求めるべきチャンネル長 ($L=0.3\mu\text{m}$) の半導体デバイスの暫定的な不純物濃度分布を、チャンネル長 ($L=1.2\mu\text{m}$) およびチャンネル長 ($L=0.5\mu\text{m}$) の2つのプロセスシミュレーション結果に基づいてそれぞれ求める。

【0049】即ち、実施の形態1で説明したように、チャンネル長 ($L=1.2\mu\text{m}$) のプロセスシミュレーション結果において、図6に示されるチャンネルの中央部Xに $0.9\mu\text{m}$ を設定することによって、チャンネル長 ($L=0.3\mu\text{m}$) に対する暫定的な第1の不純物濃度分布を求める。

【0050】同様に、チャンネル長 ($L=0.5\mu\text{m}$) のプロセスシミュレーション結果において、チャンネル中央部に $0.2\mu\text{m}$ を設定することによって、チャンネル長 ($L=0.3\mu\text{m}$) に対する暫定的な第2の不純物濃度分布を求める。

【0051】ステップS23では、データ取出生成部4は、前記暫定的な第1の不純物濃度分布と暫定的な第2の不純物濃度分布との例えば平均値を取り出し、これをチャンネル長 ($L=0.3\mu\text{m}$) についての最終的な不純物濃度分布とする。

【0052】ステップS24では、不純物濃度分布を算出すべきチャンネル長が存在するかどうか判断される。存在する場合は、再びステップS22およびステップS23の処理が行われて、その求めようとするチャンネル長の不純物濃度分布が求められる。存在しない場合は入力されたプロセス条件における不純物濃度分布の算出が終了する。

【0053】なお、上記の具体例では、2つのチャンネル長に対するプロセスシミュレーション結果を用いて求めるべきチャンネル長の不純物濃度分布を求めたが、3つ以上のプロセスシミュレーション結果を用いて求めてもよい。

【0054】また、実際のプロセスシミュレーションにより求めたチャンネル長 ($L=1.2\mu\text{m}$) の不純物濃度

分布と、チャンネル長 ($L = 0.5 \mu\text{m}$) の不純物濃度分布とによって、チャンネル長 ($L = 0.3 \mu\text{m}$) の半導体デバイスの不純物濃度分布を、以下に説明するように求めてもよい。

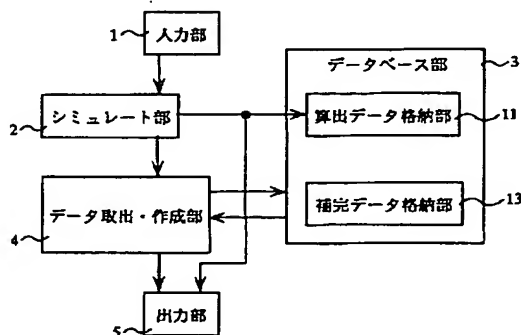
【0055】データ取出作成部4は、チャンネル長 ($L = 1.2 \mu\text{m}$) のプロセスシミュレーション結果とチャンネル長 ($L = 0.5 \mu\text{m}$) のプロセスシミュレーション結果とによって、チャンネル長の変化に基づく不純物濃度分布の違いの傾向を傾向データとして算出する。そして、データ取出作成部4は、チャンネル長 ($L = 1.2 \mu\text{m}$) のプロセスシミュレーション結果とチャンネル長 ($L = 0.5 \mu\text{m}$) の両方或いは一方について、実施の形態1で示したごとく図6(a)(b)に示される処理と同様の処理を行い、図6(c)の点線を導き出すためのデータとして補完データの代わりに前記傾向データを用いてチャンネル長 ($L = 0.3 \mu\text{m}$) に対する不純物濃度分布を求める。

【0056】上述のように、同一のプロセス条件における複数のチャンネル長の半導体デバイスの不純物濃度分布をそれぞれ求める場合に、複数のチャンネル長の半導体デバイスに対してプロセスシミュレーションを行い、その算出結果に基づいて他のチャンネル長に対する不純物濃度分布を上述のようにプロセスシミュレーションによらずに求めるので、全体の算出時間を比較的短縮できる。

【0057】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、複数のチャンネル長に対応する不純物濃度分布の算出について、1つのチャンネル長または幾つかのチャンネル長についてだけプロセスシミュレーションを行い、他のチャンネル長に対応する不純物濃度分布はプロセスシミュレーション*30

【図1】



* ユンを行うことなく算出することができるので、全体の算出時間を短縮することができる。また複数のチャンネル長においてプロセスシミュレーションを行うことによって、より正確に不純物濃度分布を求めることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】半導体プロセスシミュレーション装置の構成を示すブロック図である。

【図2】半導体デバイスの構成を模式的に示した断面図である。

【図3】チャンネル長ごとにゲートの深さ方向に不純物濃度分布を示すグラフである。

【図4】チャンネル長ごとにゲートの横方向に不純物濃度分布を示すグラフである。

【図5】本発明の半導体プロセスシミュレーション装置における不純物濃度分布の算出動作を説明するフローチャートである。

【図6】不純物濃度分布の算出動作に合わせて求められる不純物濃度分布を概略的に示した図である。

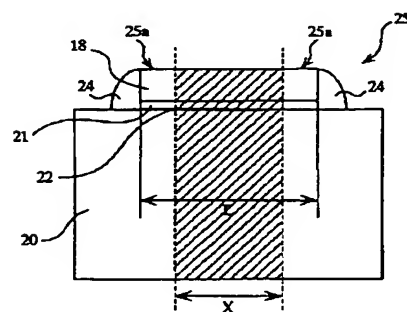
【図7】複数のチャンネル長の半導体デバイスに対してプロセスシミュレーションを行った場合の不純物濃度分布の算出動作を説明するフローチャートである。

【図8】半導体デバイスのゲートの中央部におけるプロセスシミュレーション結果を示すグラフである。

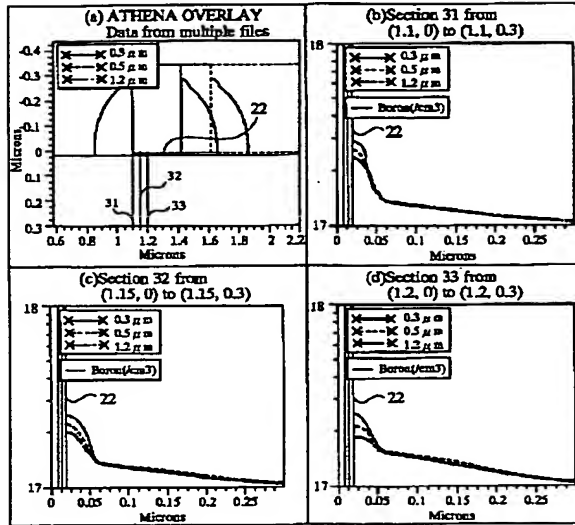
【符号の説明】

- 1 入力部
- 2 シミュレート部
- 3 データベース部
- 4 データ取出作成部
- 5 出力部

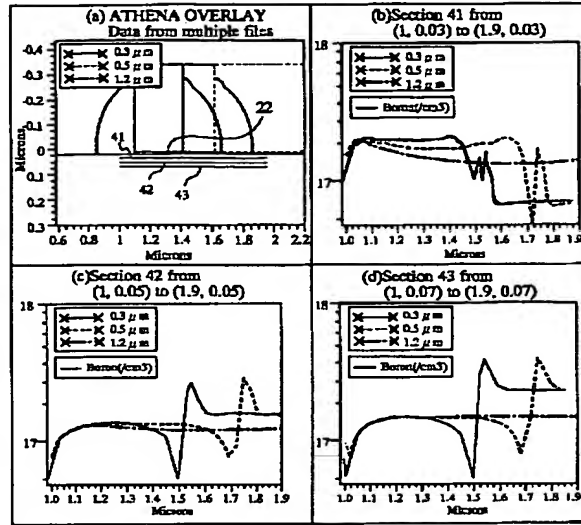
【図2】



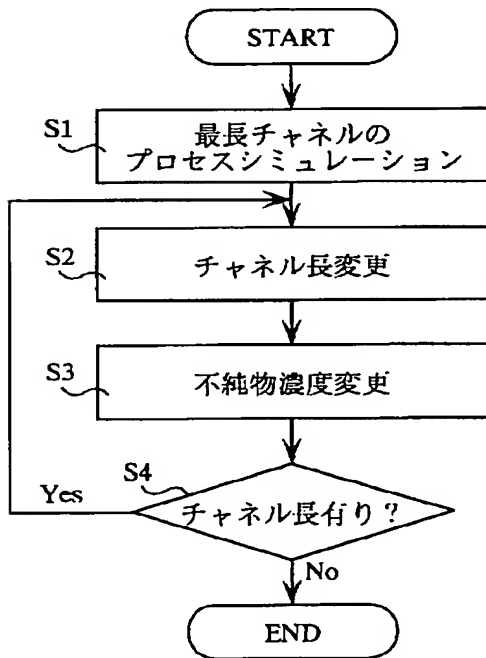
【図3】



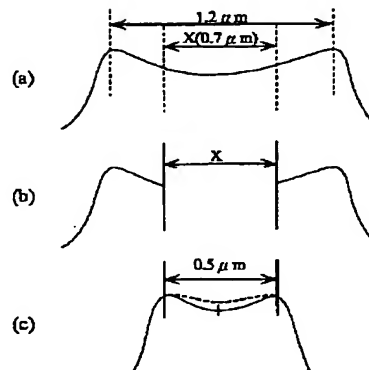
【図4】



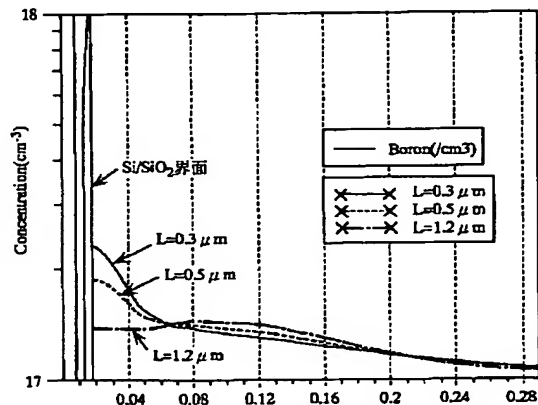
【図5】



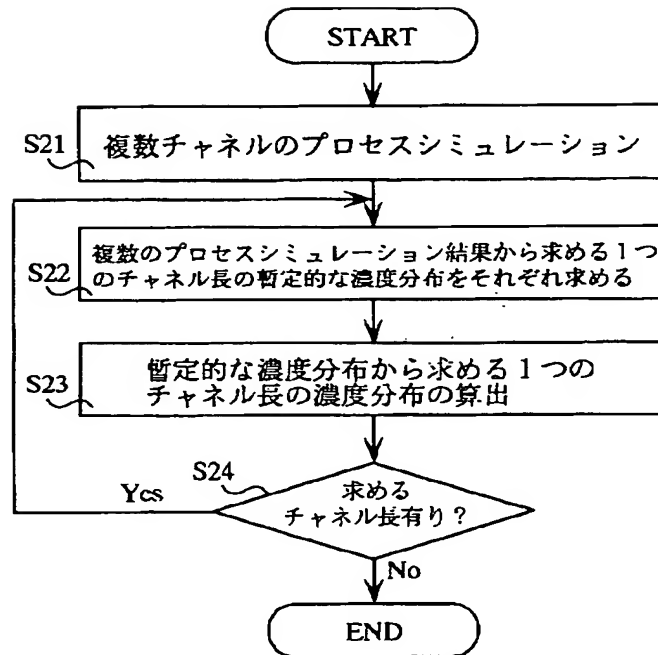
【図6】



【図8】



【図7】



フロントページの続き(51)Int. Cl.⁶

識別記号

F I

// G 0 6 F 17/50